

• 半导体器件生产自动化专辑 •

國外 集成电路光刻制版自动化

上海科学技术情报研究所

N1:TN
9

35752

前

言

N1:TN

在以华主席为首的党中央一举粉碎“四人帮”的伟大胜利鼓午下，在高举毛主席的伟大旗帜，贯彻执行华主席提出的“抓纲治国”的战略决策，深入揭批“四人帮”，推动工业学大庆群众运动深入开展的大好形势下，为了更好地做好情报资料服务工作，遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，我们组织了有关单位编译了国外半导体器件生产自动化专辑资料，供半导体器件战线的广大工人、技术人员和干部参考。

专辑共分四册，包括硅片加工处理自动化、集成电路光刻制版自动化、集成电路键合自动化和集成电路测试自动化。本册介绍国外集成电路光刻制版自动化情况，主要由上海无线电七厂、上海科学技术情报研究所编译。

由于水平有限，文中一定有不少差错之处，至希批评指正。

上海市半导体器件科技情报协作网

1977年3月



录

光刻技术的自动化省力化.....	(1)
光刻工艺的自动化.....	(9)
自动光刻.....	(13)
自动非接触掩模对准.....	(19)
光掩模制作工艺的技术要点.....	(27)
ANR4 型自动九头精缩机	(33)
电子束掩模制作机.....	(39)
AMIS 掩模自动检验系统	(50)
超微粒干版平整度测试仪.....	(61)

光刻技术的自动化省力化

在半导体工业由分立半导体器件向集成电路发展中,采用硅材料的硅器件起着主要的作用,随着集成电路化,在节省电力,节省材料等方面也作出了贡献。本文就集成电路这个有代表性的硅器件,叙述一下清洁度要求特别高的光刻技术的自动化省力化。

关于光刻工艺无需特别说明,因为在许多文章中已有详细介绍,所以本文只打算先对它作简单的说明。

光刻工艺概述

光刻工艺是应用光掩模和感光性树脂,在硅片上作精密加工的一种工艺。它的一般工艺流程如图1所示。流入光刻工序的硅片,是按照其制管工艺的要求,已经过氧化、蒸铝、化学汽相淀积等工序。片子的直径一般是2吋、2吋半或3吋,目前正向3吋发展。

关于所使用的光刻胶,可参阅其他文章。

涂胶工序,就是在片子上均匀地涂上一层1微米左右的的光刻胶,一般可采用高速旋转涂敷法。涂胶后片子的热处理称为前烘,也叫软烘,目的在于使光刻胶内的溶剂挥发,使胶干燥。

曝光工序通常称为掩模对准工序,其使硅片上的光刻胶进行选择曝光,因此要具有所需图形的光掩模作掩蔽进行曝光。而在制作集成电路时,制管工艺要经过10次左右光刻,进行扩散、布线等。所以在各道工序中图形的对准精度很重要,每次光刻时图形的加工精度对特性的影响也很大。

显影工序中,对于负性胶,是把未曝光部分溶解掉,对于正性胶,是把曝光部分溶解掉。为了使未溶的剩余胶膜硬化,需要进行

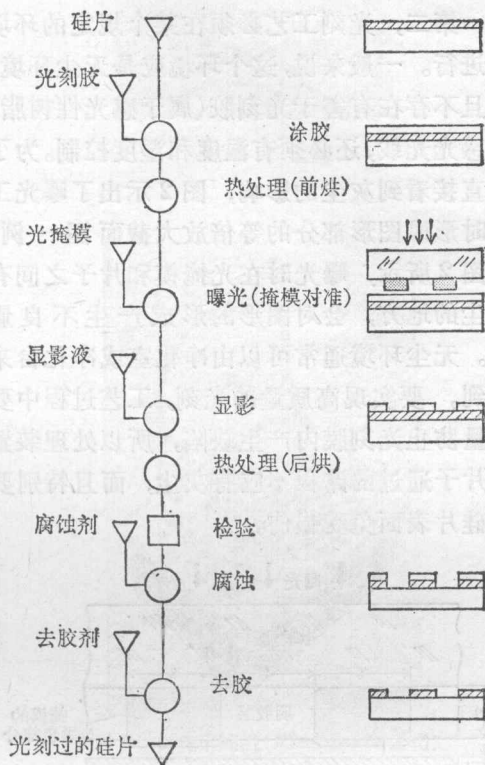


图1 一般的光刻流程图

热处理(称为后烘,也叫坚膜)。

腐蚀工序,是利用已形成图形的光刻胶作为掩蔽,采用溶液或气体方法,进行氧化膜、化学汽相淀积膜或铝膜等的膜加工。

去胶工序,是去掉在腐蚀时作为掩蔽材料的光刻胶。

光刻的检验,是采用显微镜检验片子上的图形形状。

下面叙述一下光刻工艺过程的特点。

光刻的特点

随着集成电路集成度的提高,要求光刻的图形尺寸变小,表面缺陷减少。从光刻的

固有特点及其要求来看,有如下几点:

第一,在该工艺过程中,通常是在厚度为1微米左右的被加工膜上精密加工10微米左右的图形,可以说这在其他生产部门中也有必要大量地进行这种精密加工。

第二,光刻工艺必须在某个规定的环境中进行。一般来说,这个环境应是无尘环境,而且不存在有害于光刻胶(属于感光性树脂)的感光光线,还必须有温度和湿度控制。为了能直接看到灰尘的影响,图2示出了曝光工序时形成图形部分的等倍放大截面图一例。如图2所示,曝光时在光掩模和片子之间有灰尘的地方,会对图形的形成产生不良影响。无尘环境通常可以由净化室或净化台来得到。要实现高质量的光刻,工艺过程中要尽量防止光刻膜内产生缺陷,所以处理装置及片子通过的路程不应有灰尘,而且特别要使硅片表面免受损伤。

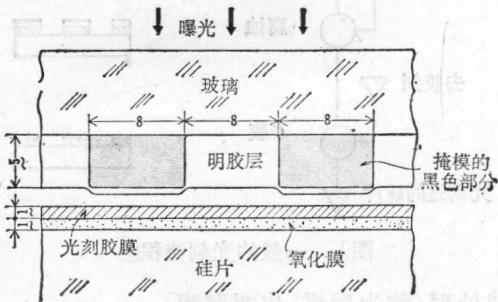


图2 曝光示意图(单位:微米)

第三,所使用的片子是硬脆材料,容易破碎,所以片子的处理必须十分注意。

考虑到光刻工艺的上述特点,下面谈一下光刻的自动化和省力化。

光刻的自动化和省力化的最近动向

关于光刻自动化和省力化的途径,有几种方法可考虑,如减少工序,X光曝光和电子束曝光等新的技术,但本文只叙述常用光刻技术的自动化和省力化情况。

在大量生产中最流行的光刻工艺采用了两种方式。一种是分批(batch)方式,这是将片子放入处理用片架、托盘或花篮中,由很多片子(20~25片)同时进行处理;另一种是连续(line)方式,在处理工序之间,片子通过传递用片架进行传递,在处理装置中片子是从这种片架中一片片取出加以处理,之后再放入片架送到下道工序。

过去,为了使光刻装置满足各种各样的工艺要求,各公司发展的产品以分批方式为主,在市场上出售。但是最近,为适于大量生产,一些生产光刻装置的公司试图采用连续方式,光刻工艺各工序连在一起的装置的商品化趋势也强烈起来。

这是基本的考虑之点,因为光刻工艺的特点之一是要减少片子表面的缺陷,所以操作者应尽量减少用镊子等捡取片子的机会,尽可能使用相同形状的片架,这样就容易做到片架与片架之间片子的传递,而且要考虑各工艺过程实行自动化。

具体的做法如下:

(1) 涂胶工序和热处理工序(前烘)采用连续方式进行。

(2) 显影工序和坚膜工序采用连续方式进行。

(3) 向曝光装置供给片和取出片子一起连成一条线。通过这些做法,可以说能实现省力化了。

然而,分批方式从生产率方面来看也有有利的一面,有必要同作为对象的制管工艺一起加以选择。

省力化自动化的第二个趋势,是曝光工序(即掩模对准操作)有自动化趋向。一般来说,即使从一系列光刻装置的生产能力方面来考虑,也应该认为曝光工序自动化是实现最省力化的目标。但是它们与上下道工序也有关系,所以全面实用化还需要一定的时间。

以这种趋势为前提,下面来谈一下各类装置的情况。

几类省力化自动化装置

如前所述,作为省力化自动化的装置可分为以下三类加以说明:

- (1) 分批方式的装置
- (2) 连续方式的装置
- (3) 自动曝光装置

对分批方式装置和连续方式装置作出特别明确的区分是有困难,但是也可以大致分开而加以说明。

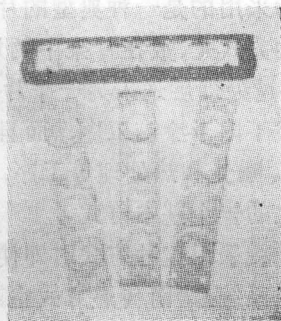
(1) 分批方式的装置

作为分批处理方式的一个例子,如照片1所示美国 I. I. Industries 公司的自动大圆片处理系统,这个装置是一种把涂胶装置(照片左侧)和红外线热处理带式烘箱组合起来的装置,片子装载在特制的托盘(照片2)中进行传递。因为片子放在托盘上不常移动,片子的损伤机会少,也就是有稳定性,但是把这个托盘照原样用在以后的工序中有一定的困难。

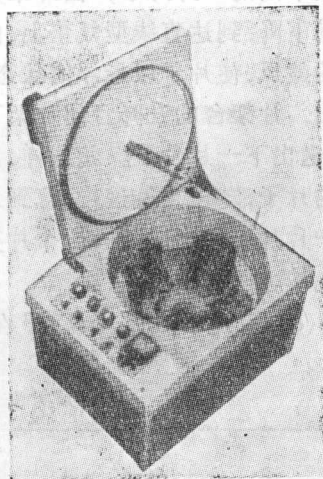
其他分批方式的例子还有美国 Fluoroware 公司的 K100 型清洗干燥机(照片3)。这里所用的片子装盒,与美国 GCA 公司的相同(照片4),这种片架放进片子后,清洗干燥装置最多能同时处理4个片架,即能同时处理100片子。其他几种分批方式的装置可用于显影、热处理、腐蚀等工序,在市场已有



照片1 自动大圆片处理系统(I. I. I. 公司)



照片2 托盘盒



照片3 清洗干燥机(Fluoroware 公司)

出售,这里就不多谈了。

(2) 连续方式的装置

连续方式的特点,是在光刻的全部工艺过程中用相同的片架,以实现省力化自动化,这样,关键在于自动传递方法和采用容易实现连续性的处理方法。

光刻各工序的处理方法各不相同,这是必然的。即在涂胶、曝光、热处理、显影和检验等工序中,片子处理方法是完全不同的。然而,处理前后片子的传递可以采用相同的方式。片子自动传递方式,有如前所述的 I. I. Industries 公司的连续方式和 GCA 公司的片子装载系统。在 GCA 公司 6605 型自动涂胶机(照片5)中,采用了使片子一片片自动涂胶的机构。

这里所采用的是一种典型的片子装载系统。基本的方式是,放在片架中的片子,一片片取出,经过处理后送入另一个片架中。这种基本方式不限于涂胶工序,而且也应用于显影、检验、曝光和热处理等工序,已成为自动化省力化的一个基本方式。

但是,在采用这种方式时即使应用相同的片子装载系统,然而传递方式也有所不同。GCA 公司的方式,片子是按直线型气垫式传递的,如图 3(a) 所示,片子从片架中送出时,片架中最下面的一片子,由片架台的升降机构使其下降,到达直线型气垫上,由于直线型气垫的鼓风,使片子以悬浮的状态送出。片子一送出,片架台的升降台使片架下降一段距离,就送出下一片子。就这样,依次送出片架内的片子,动作重复进行,直到片架内最上面的一片子送出,这样,一个片架内的片子输送完毕。

图 3(b) 所示为 Plat-General 公司的方

式,它利用真空吸盘直接从片架中取出片子,而且靠吸盘的移动把片子传输到进行处理的位置。

图 3(c) 所示为 Computervision 公司的方式,片架内部有轮轴直径很小的传送带,片架内最下面的片子随着片架的下降,由装载片子的传送带把片子从片架里送出。

图 3(d) 是 I. I. I. 公司的方式,利用片子的自然滑降。片架安置成倾斜一个足够的角度,使片子自然滑降,用挡板阻止片子自然滑降。片架通过升降机构而下降,而从挡板掉下的片子就滑降到倾斜台上。

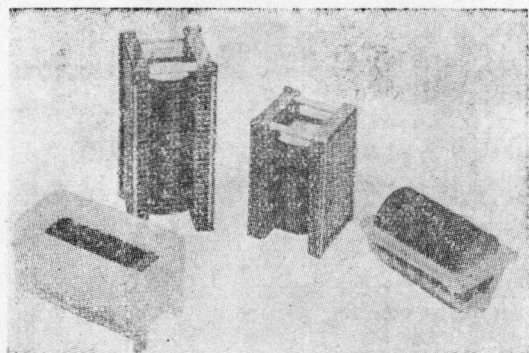
这种机构在装置中应用的例子如表 1 所示。

表 1 中列出的装片/卸片机在片子片架系统和其他系统连用时是很有效的。

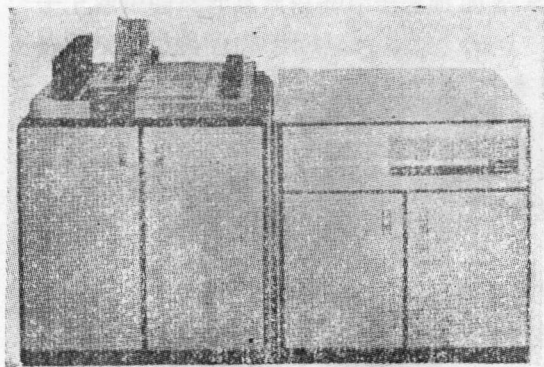
从这些例子中可以看出,在光刻工艺中片子片架系统的应用有了进展。最近也已看到在其他大圆片制管工艺中应用的实例。

表 1 使用片子片架系统的装置实例

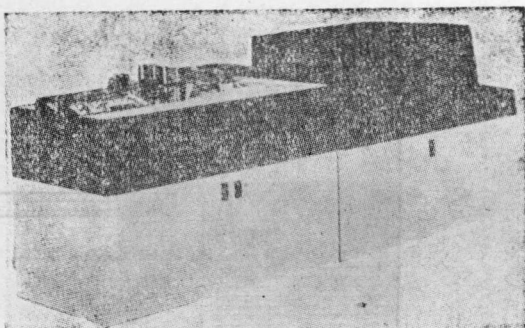
公 司	工 序						
	涂 胶	前 烘	曝 光	显 影	后 烘	检 验	其 他
GCA 公司	6605型 (照片 5)	4201型		7405 型	4201 型		6103 型装片/卸片机 (照片 11)
	6800 系列涂胶/前烘 连用机			6800 系列显影/后烘 连用机			
	6605 型+4202 型			7405 型+4202 型			
I. I. Industries 公司	C-4S 型	C-IR/4 型		C-4D 型	C-IR/4 型		CC-1 型片盒式卸片机 TC-4型托盘-片盒式 片子转装机
	(C-4S型)+(C-IR/4型) (照片 6)			(C-IR/4 型) + (C-4D 型)			
In-Line Technology 公司	245 型						600 系列大圆片腐 蚀机
Computervision 公司			CV-1000A (照片 7) CL-50A 自动装片机			GA-710	
Kasper Instruments 公司			2001PIA (照片 9)				
Kulicke & Soffa公司			699(照片 8)			671	
Plat-General 公司	400 型(照片 10)			500 型		350 型	



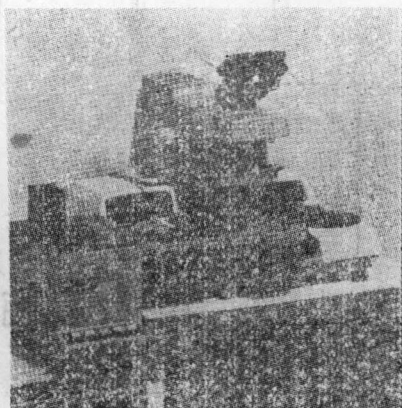
照片 4 片子片架(GCA 公司)



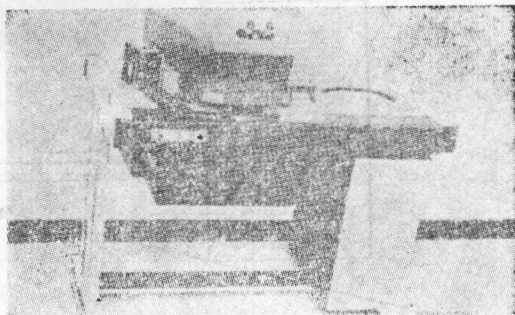
照片 5 6605 型自动涂胶机(GCA 公司)



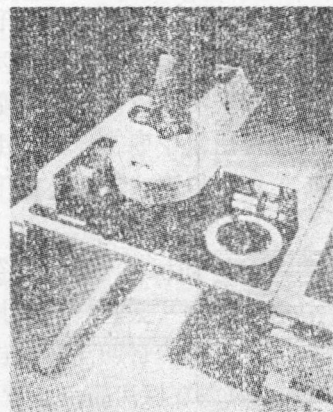
照片 6 旋转涂胶/显影和红外炉(I. I. I.公司)



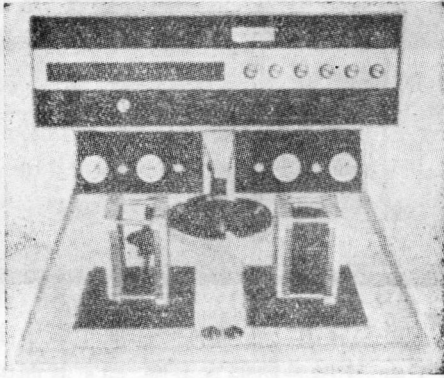
照片 7 CV-1000A 型自动对准光刻机
(Computervision 公司)



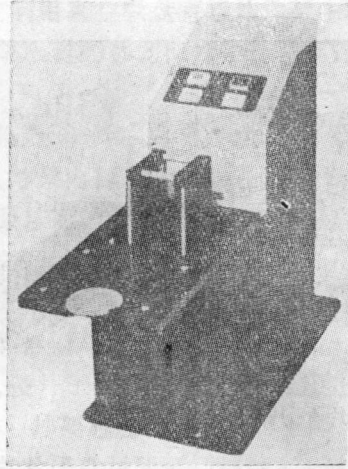
照片 8 699 型自动掩模对准机
(K & S 公司)



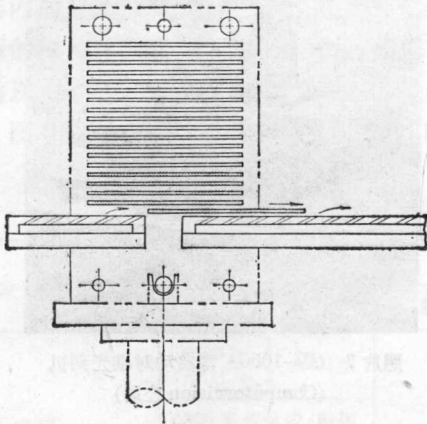
照片 9 2001 FIA 型自动曝光机
(Kasper 公司)



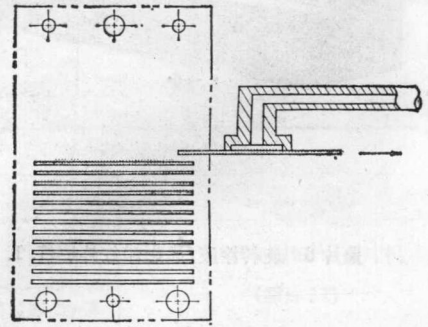
照片 10 400 型自动涂胶机
(Plat-General 公司)



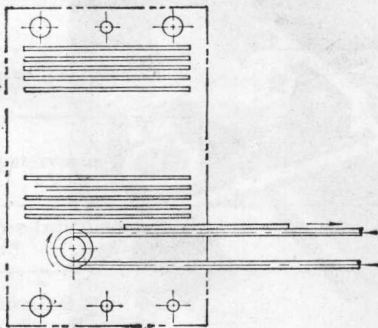
照片 11 6103 型装片/卸片机
(GCA 公司)



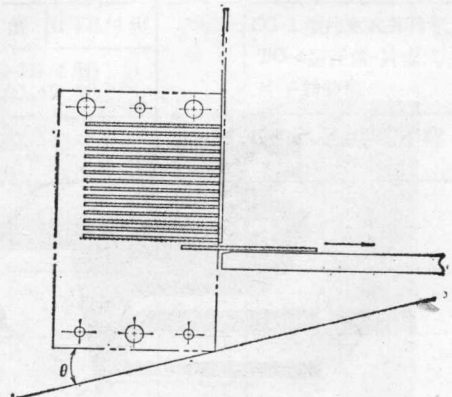
(a) GCA 公司的方式



(b) Plat-General 公司的方式



(c) Computervision 公司的方式



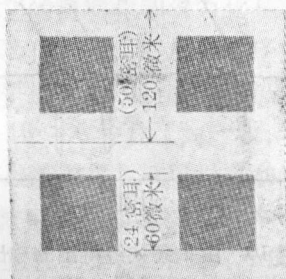
(d) I. I. I. 公司的方式

图 3 片子的各种传递方式

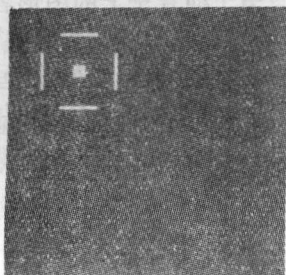
(3) 自动曝光装置

生产掩模自动对准装置的公司有 Computervision、Kasper、Kulicke & Soffa 等公司。

① Computervision 公司的 CV-100A 型自动对准装置(照片7), 它的原理是, 在掩模及片子上有着用光电方法容易探测的标记, 使标记重合就可以进行掩模自动对准, 掩模及片子的对准标记如照片12所示。片子上的标记是为了使标记部分和其他部分有光学反差, 掩模上的标记有4条狭缝, 各狭缝的中心尺寸与片子上标记的边缘一致。因此片



(a) 片子用



(b) 掩模用

照片12 对准标记(Computervision 公司)

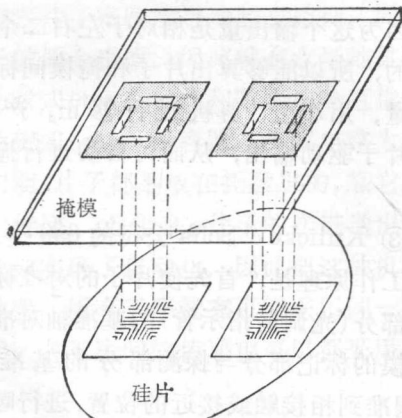


图4 掩模和片子的位置关系

子上标记的尺寸必须根据片子表面的结构, 选择反差最强的值(图4)。

掩模对准装置的光学系统结构是, 在掩模和片子重合时, 通过掩模上的狭缝, 把片子的标记投影在光电变换器上, 用8个光电变换器可得到对应于掩模各狭缝位置的输出。

由图5可知, 若片和掩模的相对位置一移动, 其输出平衡就破坏, 而各个狭缝的输出朝着满足于下列平衡的方向, 发出驱动片子的信号, 自动地进行位置对准:

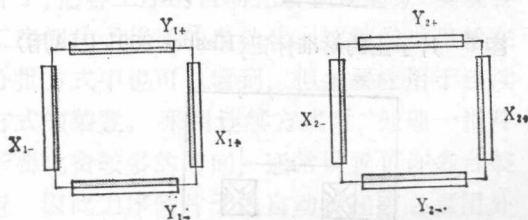


图5 光电二极管的组合

左右平衡:

$$\{(X_{1+}) + (X_{2+})\} = \{(X_{1-}) + (X_{2-})\}$$

上下平衡:

$$\{(Y_{1+}) + (Y_{2+})\} = \{(Y_{1-}) + (Y_{2-})\}$$

旋转平衡:

$$\{(Y_{1+}) + (Y_{2-})\} = \{(Y_{1-}) + (Y_{2+})\}$$

通常在曝光时, 掩模上的狭缝套在片子标记的四周, 所以如果进行7次掩模对准, 就至少要有6个标记, 而且要使这个区域确保在片子内左右两边。另外, 关于由对准标记部分的氧化膜厚度等引起的输出不平衡, 可由小型计算机的控制器来进行调整控制。

由于曝光工序中采用了与其他装置相同的片子装载方式, 所以也能实现曝光自动化。

② Kasper 公司的 2001PIA 装置(照片9), 其工作原理是, 采用一种片子上的特殊标记与掩模上的特殊标记对准的自动控制方法, 特别是标记识别方式是动态的。

图6、图7所示为片子上标记和掩模上标记的实例。

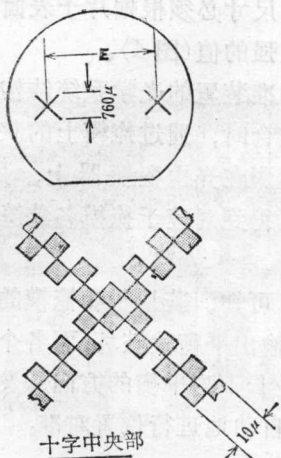


图6 片子上的对准标记(Kasper 2001 PIA用)

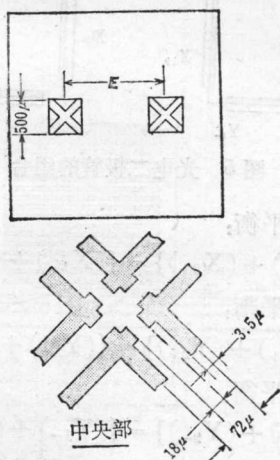


图7 掩模上的对准标记(Kasper 2001 PIA用)

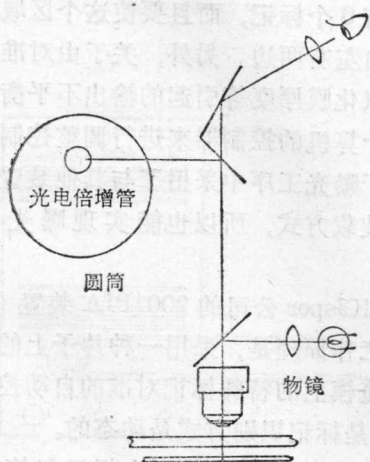


图8 位置检出光学系统

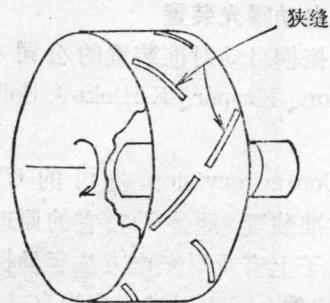


图9 圆筒和狭缝的配置

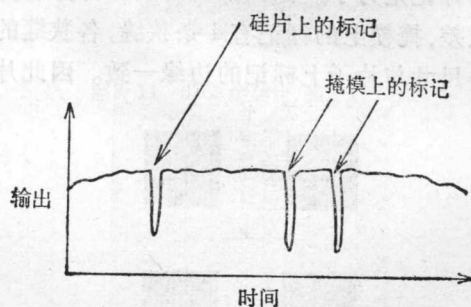


图10 由1条狭缝得出的输出

在此,为了使片子上的图形容易被光电变换器探测,必须选择光学反差强的形状。

光学系统如图8所示,掩模与片子对准标记的光,通过开有狭缝的圆筒到达光电倍增器。圆筒旋转时,由于狭缝排列成图9所示的形式,所以相对于某一个狭缝来说,所取得的光量输出,仅是分离视场一侧的十字标记中一个方向线的光量。此情况如图10所示。

因为这个输出量是相对于左右二个方向得到的,所以能够算出片和掩模间标记的偏离量,用小型计算机进行修正,产生必要的片子驱动输出,从而可自动进行掩模对准。

③ Kulicke & Soffa 公司的 699 型装置,它的工作原理是,首先使片子的对准标记与探测部分(光调谐指示管)的基准轴对准,再使掩模的标记部分与探测部分的基准轴对准,调准到相接触或接近的位置,进行曝光。

(下转第 68 页)

光刻工艺的自动化

制造集成电路的光刻工艺由几道工序组成,各工序都使用专用的装置。光刻的主要工序有:在硅片上涂光刻胶,使涂好的光刻胶干燥,在干燥的光刻胶上复印精细的图形等。这些主要工序的工序数与所要制造的器件种类有关,若把腐蚀后的清洗、干燥包括进去,共有10~12道。

光刻工艺的自动化和省力化是首先从各道工序的自动化开始,即从各工序专用设备的自动化着手搞起来的。具体地说,由于生产批量是以10~50片子为一批,若把一批片子集中放进装置里,就可以自动地进行片子的处理,结束时也能自动取出片子。与此有关要引起重视的是,工序间片子的传递。为此,最近已看到了片子容器标准化的趋势。

片子的容器不仅是为了传递片子用的,而且也是在装置和处理槽中能放置许多片子的重要手段。在目前的工艺过程中,采用了多种容器,其原因是各工序的处理条件不同,各工序都应用了专用的容器。从材料来看,有石英、聚四氟乙烯、聚氯乙烯、金属等。另外,在有些工序中,要将片子并排地放在一个平面上,只处理片子的表面,在另一些工序里,要将许多片子密密层层地竖直排列,同时处理片子的两个表面,因此就有水平地排列片子的托盘式(tray)容器和紧密地竖直排列片子的片架式(carrier)容器。集成电路大量生产的初期,片子都是放在托盘里的,靠它在各工序间传递。近年来,片子的送进送出通过采用片架实现了自动化,因此把这种机构组合进装置,所有工序就有可能采用同一类型的片架,各工序间的传递也可以都采用片架了。

在涂胶工序中,在用托盘时一次能同时

处理许多片子,所以称作分批(batch)方式,而用片架时,片子要一片片取出来加以处理,所以叫做连续(line)方式。所谓分批方式和连续方式,本来是与片子的存放容器有关,而现在也可看作片子传递形式的一种分类。

自动化的下一阶段,是要革掉人工传递片子,把各工序的自动化装置连起来,实现各工序间片子传递的自动化。这种尝试虽然在分批方式中也可以看到,但主要应用于连续方式的装置。采用连续方式时,处理一批片子要化费较多的时间,通常设置了许多台装置,因此工序间片子的自动传递有必要用分批方式。把几道工序合并为一道,使之分段化。

本文主要介绍制造集成电路的光刻工艺中,从涂胶到后烘、检验等工序,适用于实际生产的自动化实例,着重介绍采用片架的连续方式的最近情况,最后简单地叙述了采用托盘的分批方式。

连续方式的自动化实例

图1为采用片架的光刻工艺的方框图。图中的流程由以下四段构成:(1)连续进行涂胶和干燥(前烘)装置;(2)掩模自动对准装置;(3)连续显影和后烘装置;(4)检验工序。其中片子是自动传递的。这里所用的片架是铝制的,每个片架可放5片子,通常称作片盒(Cartridge, magazine)。

在这装置中,片盒放在送料部分的片架台上,片盒里的硅片一片片地送到加工处理部分,待涂胶、掩模对准曝光、显影等处理结束,采用相同的片子传递方式,把片子送入另行设置的片盒里。除了检验工序中靠人工目

扩散 化学汽相淀积 蒸发工序

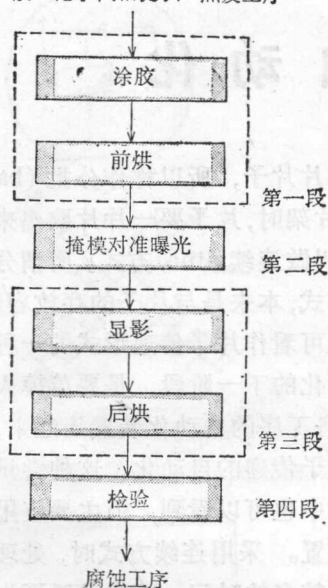


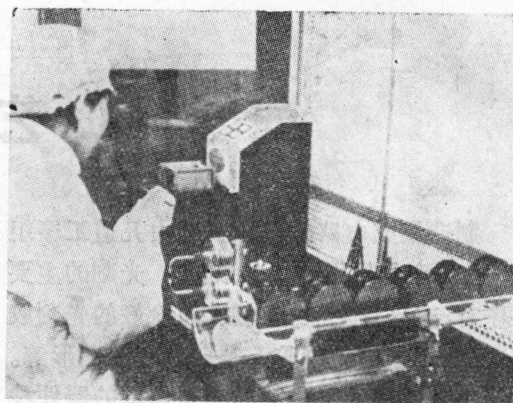
图1 光刻工艺的方框图

(在虚线所围的操作“段”里,工序间的片子是自动传递的)

检以外,在每一个循环里,片子都是连续进行全自动处理的。因此可以说,手工操作基本上只限于各操作“段”之间片子传递时片盒的运送。下面按工艺顺序加以说明(图1)。

(1) 扩散、化学汽相淀积、蒸发时片子的运送 因为扩散、化学汽相淀积、蒸发时所使用的都是本工序专用的片子夹持器,所以这些片子移送到光刻工序时,有必要将片子并排放进片盒。这项操作要应用照片1所示的装片/卸片机。在这种装置中,只要用镊子把片子放在气垫传送带上,片子就被送入片盒。如果使装置逆转,片子就从片盒里一片片取出。在下述装置中,片盒中片子的送进送出,可以采用这种机构,或用传送带代替气垫。

(2) 涂胶、前烘 将片盒放进装片部分(旋转器一边)。片子就一片片从片盒里自动取出来加以处理。在这个装置中,用穿孔卡片把全部程序的条件都预先存储在控制单元中。对于条件来说,旋转器的旋转速度、加速



照片1 装片/卸片机

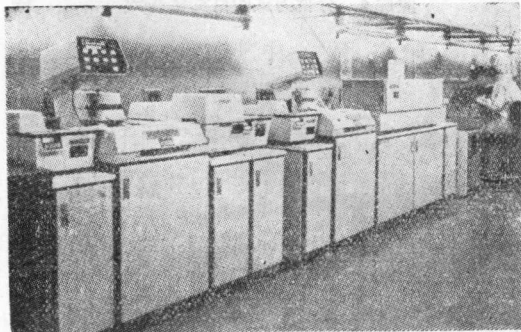
度、旋转时间这些对涂布有影响的参数,可以在很宽的数值范围内连续地加以设定。在涂胶结束时,片子就送进与旋转器直接连接的红外加热前烘箱。从装在箱盖内侧的加热部件发出的红外线,直接照射片子的表面。前烘结束后,片子就送进另一个片架台(炉子一边)。每次探测到有片子进入,片盒就移动一格,如此按次序将片子收进片盒。

(3) 掩模对准曝光 片子一片片从片盒中送出,通过旋转传送带送进掩模对准部分。自动掩模对准、曝光结束后,片子通过旋转传送带送到另一只片盒里。自动掩模对准时,片子上靶标记的光信号,经过设在光掩模左右的四个狭缝,进行光电变换,对从各狭缝来的信号进行平衡,使持片台在 X 、 Y 、 θ 方向上运动,掩模就自动对准。

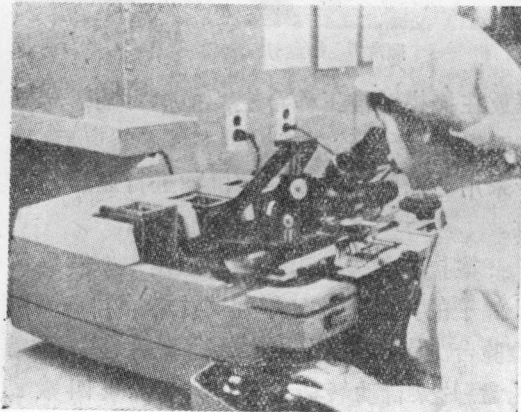
(4) 显影、后烘 显影、后烘所用的装置,其结构与上述的涂胶、前烘的完全相同,但由于后烘温度比前烘高,因此使用了大型烘箱。在后烘箱里装有作步进运动的旋转传送带,每步进一次送入一片片子,最多可放10片。经红外线从硅片上部照射后,从后烘箱出来的片子自动送入另一只片盒。从涂胶到显影、后烘的连续方式自动化装置如照片2所示。

(5) 检验 检验台如照片3所示。采用与上述掩模对准装置相同的机构,将片子从片盒送到显微镜下的置片台上。显微镜对焦

是通过电动机上下调节镜筒实现的。片子可以沿 X 、 Y 方向运动, 在 θ 方向也可由电动机使之旋转。此外, 如采用适当的导轨, 可以在规定范围内对片子进行扫描。检验后的片子, 按一下按钮, 合格和不合格的就分别自动地进入二个片盒。为了要把片子从铝制片架式片盒中转移到腐蚀工序用的聚四氟乙烯片架里, 采用了整批换盒的方式(照片 3)。



照片 2 连续方式的自动化实例



照片 3 检验台

适用于实际生产的装置的数据如表 1 所示。

这条自动生产线的特点如下:

- (1) 不再由人工采用镊子一片片地传递片子;
- (2) 按以往的分批处理方式, 一批片子要存放起来或烘干后冷却, 这里就不必这样, 因此缩短了每片片处理所需的时间, 减小了异物沾污的机会;

表 1 装置数据

涂		氮气流量	滴光刻胶	涂光刻胶	前烘
	时间(秒)	2	2	26	60 秒
胶	转速(转/分)	1,000 (80,000)	500 (1,000)	5,000 (80,000)	110°C
显		显影	冲洗	干燥	后烘
	时间(秒)	10	10	10	300 秒
影	转速(转/分)	1,000 (80,000)	5,000 (1,000)	5,000 (1,000)	160°C

注: 括弧内数字表示旋转上升速度(转/分)

(3) 由于片子竖直地放在片架上, 因此被周围环境中落下的异物所沾污的几率很少;

(4) 可进一步减少人为因素引起容易变动的产品不一致性。特别对于掩模对准这种与操作者熟练程度很有关系的工序, 自动化的效果是很大的。

由于这些原因, 片子上图形的划伤、光刻胶膜的针孔等所谓图形的缺陷可以减少, 产品的合格率、可靠性则可提高。表 2 为与以往方式的图形缺陷发生率的比较。

表 2 图形缺陷数的比较

针 孔 数	光刻胶粘度 23(cp)	81
	光刻胶粘度 43(cp)	65
图形缺陷数(氧化膜图形、铝引线等缺陷)		35

注: 设以往手工操作时产生的图形缺陷数为 100

从生产的角度看, 有必要使各装置的处理能力保持平衡。毫无疑问, 整个系统的处理能力取决于生产能力最低的一种装置。在这种情况下, 要解决的技术问题, 是在各装置中设定每一片片子的工艺参数。例如在烘干工序里, 如图 2 所示, 在片子表面有氧化硅膜和铝蒸发膜两种情况下, 即使设定相同的温度, 在片子上涂着的光刻胶膜的温度也有差别。因而, 可以用同一条件处理各种片子, 而且从生产角度来看, 要求在不降低处理能力的情况下, 设定适当的参数。

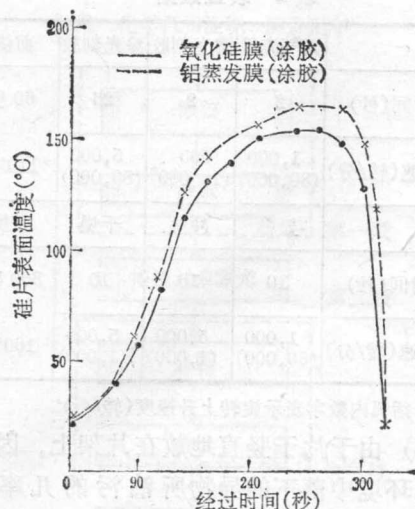
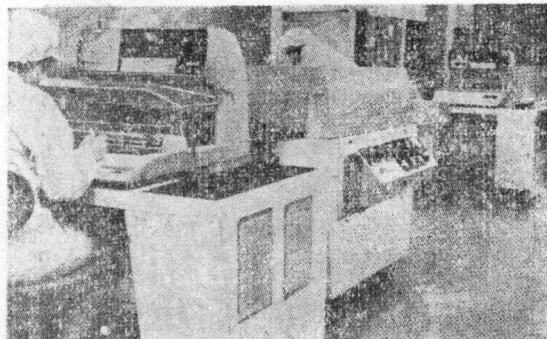


图2 后烘箱中片子的表面温度

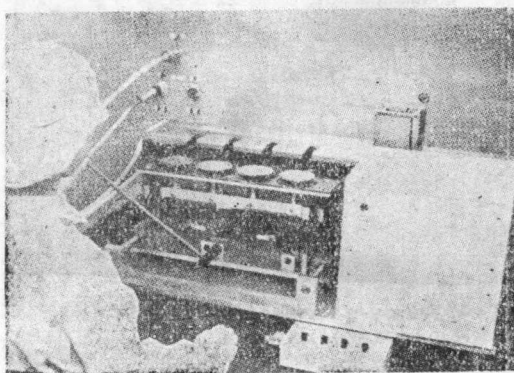
分批方式的自动化实例

照片4是采用托盘的光刻工序生产情况。在这些装置中装片的容器是铝制的托盘，涂胶和前烘工序间，以及显影和后烘工序间托盘借助传送带自动传递。在腐蚀等工序中，由于不能采用原来的托盘，为了要将片子从托盘转移到聚四氟乙烯片架上，设置了托盘-片架自动转移装置，如照片5所示。在使用具有片盒式装片机构的掩模对准装置情况下，这种装置也可用于片子在托盘-片盒之间相互转移。下面按照工序的先后作一些说明。

在一个托盘里放4片子，每10只托盘迭在一起（共40片子），放进别的传递容器，送到涂胶工序。10个托盘从传递容器中一次取出，装进涂胶装置。一个托盘仍装4片子，从涂胶到烘干，涂层处在洁净的氮气气氛中连续地加以处理。烘干后的片子放入托盘中自动迭成10盘一迭和取出，再一次装入传递容器，送到掩模对准曝光工序。在使用具有片盒式装片机构的掩模对准装置的情况下，用托盘-片架自动转移装置将片子装入片盒。以往的掩模对准装置，片子是装在托盘



照片4 分批方式的自动化实例



照片5 托盘-片架转移装置

里放在掩模对准工作台上，掩模对准曝光操作时采用镊子等。在掩模对准曝光结束后，片子采用与涂胶大致相同的机构进行显影、后烘。

在接着的检验工序中，取出一个装着4片片子的托盘，将片子连同托盘装在显微镜检验台上，观察片子表面。检验后的片子，用托盘-片架自动转移装置将其装入聚四氟乙烯片架，送到腐蚀工序。

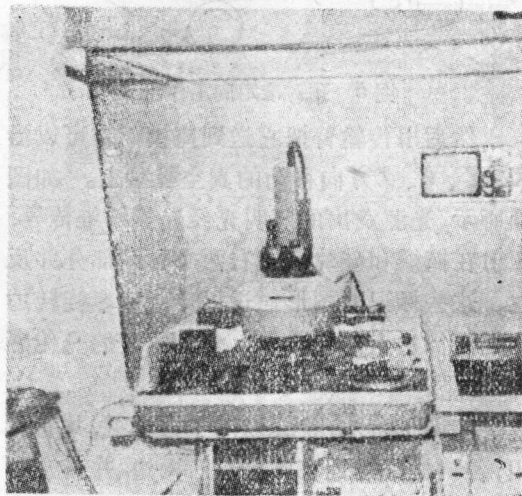
这个自动线除了具有分批方式的特点外，与使用片架的情况相比，采用托盘的优点有：(1) 对尺寸不同的片子（2吋、2.5吋、3吋），装置可以通用；(2) 有裂纹的片子、碎片、变形的片子，可同正常片子一样加以处理；(3) 必要时，还可举出用镊子操作容易这一点。

译自日本《电子材料》1975年
7月，第17~20页

自动光刻

为了使产品的各道制造工艺保证质量提高质量,进一步提高原有的自动化效率,关键在于使制造工艺设备和系统能将光电技术同现已普及的微型电子计算机技术结合起来应用。

半导体制造工艺中,划片、光刻、初测、引线焊接等操作工序都要求操作者作微细的位置对准,在这方面看来自动化进展缓慢。本文就亚微米级自动位置对准方法,介绍用于硅片处理过程的美国 Kasper 公司的硅片光刻机(照片1)。



照片1 自动光刻机

一、硅片上对准记号的显示

在硅片上形成第一层氧化层后,涂上一层光刻胶,随后将硅片放进光刻机,曝光出第一个掩模的电路图形。这时,在硅片上二个适当间隔的位置上,就形成对准标记图形。

第一次曝光后硅片进行显影、腐蚀及去胶,在硅片上可以看到二个对准标记,围在作为元件部分的电路图形中,如图1所示,图2

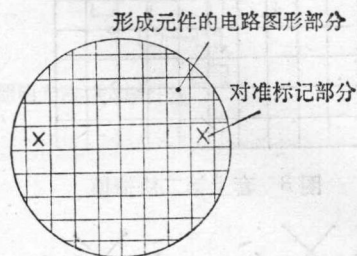


图1 硅片表面的对准标记

为硅片上一个对准标记的放大图。从标记正上方垂直入射的光,会从硅片表面向入射光相同的垂直方向反射回去,但对于为了形成对准标记而留下的氧化膜凸起部分,入射光是在凸起的斜面上向其他方向乱反射的,并不向垂直入射光方向反射。

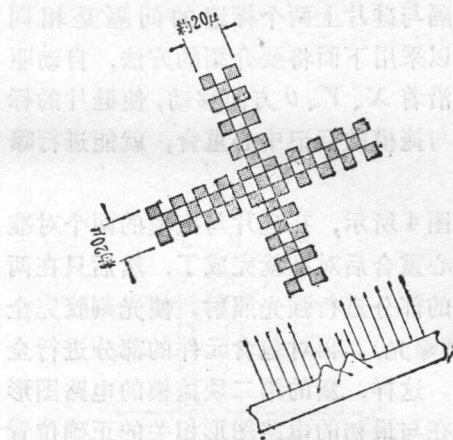


图2 硅片上对准标记的放大图

这样,把硅片上的标记图形变换成光的反差,用光电方法掌握标记的位置,就能用于自动对准。在以后的硅片处理过程中,第二层第三层氧化膜陆续分层形成在这凸起部分,即使涂了光刻胶也能确保利用光的反差作对准。

因此,如图3所示,在形成第二层氧化膜

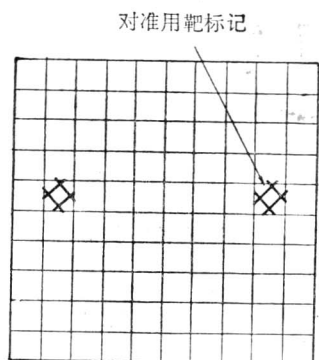


图3 套上第二块掩模

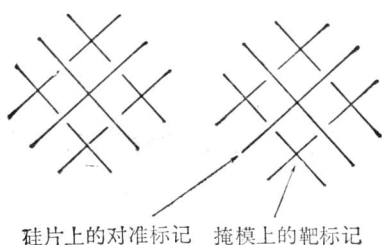


图4 两组标记对准时的相对位置

并涂上光刻胶的硅片表面上,要进行第二块掩模图形的曝光时,由于掩模上对准标记的位置间隔与硅片上两个标记的间隔是相同的,所以采用下面将要介绍的方法,自动驱动硅片沿着 X 、 Y 、 θ 方向移动,使硅片的标记中心与掩模的标记中心重合,就能进行曝光了。

如图4所示,在硅片与掩模的两个对准标记中心重合后对准就完成了,然后只在两个标记的部分进行强光照射,使光刻胶完全曝光(预曝光),再对包含元件的部分进行全面曝光。这样,新的第二块掩模的电路图形就曝光在与最初的电路图形相关的正确位置上。

预曝光是使硅片标记上的光刻胶完全曝光,从而使光刻胶膜不受显影液和腐蚀液侵蚀,保持膜下面的标记形状。这样不管哪一次与掩模作对准,利用其反射光的反差,都能实现小于1微米的对准。通常情况下,一片硅片作这样的掩蔽曝光要重复6~10次,在硅片要制作元件的部分进行各种杂质的掺

杂、扩散、钝化、烧结和布线等,以制作半导体元件,而对准精度对产品的质量、合格率和集成度都有影响。

二、自动对准概述

由自动送料机送来的硅片,在气垫轨道上滑行,送到预对准的工作台上,在这个工作台上使对准到 XY 方向小于 ± 70 微米,角度方向小于1度(见图5)。

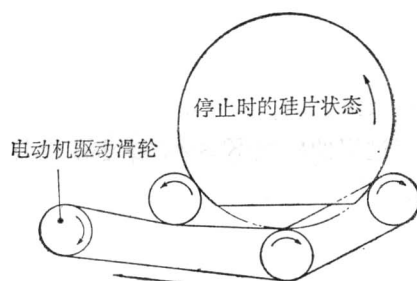


图5 预对准定向工作台

然后用传输臂把它送到掩模下方可以沿 X 、 Y 、 Z 、 θ 方向移动的真空吸盘上。如图6所示,光源发出的照明光经光学纤维传导,照射在掩模和硅片上左右两个标记部分并反射,这些标记的图形通过以一定速率旋转的扫描圆筒边上的各狭缝,传到固定的光传感头上。

如图7所示,狭缝以四个为一组,共有几组,各狭缝都排列在圆筒左右两边,并在左右的标记图形上旋转扫描。通过狭缝1、2、3、4的光顺次由光传感头的光传感元件 S 读出,通过孔 H_1 的光由 S_1 读出,通过孔 H_2 的光由 S_2 读出。

由图7可见,圆筒边上的狭缝从上到下扫描掩模与硅片的标记图形时,当狭缝1与构成掩模标记的线31重合时,到达光传感元件的光变暗,通过线31后又变亮,过后在与线32重合时又变暗。变亮过后在与构成硅片标记的线21重合时再变暗,这样就获得如图8所示的 LMN 三个脉冲波形。